

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Gebrauchsmuster  
10 DE 298 18 370 U 1

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
G 01 R 15/20  
G 01 R 19/00  
H 01 P 3/08

21	Aktenzeichen:	298 18 370.6
67	Anmeldetag:	12. 1. 98
	aus Patentanmeldung:	198 00 806.6
47	Eintragungstag:	21. 1. 99
43	Bekanntmachung im Patentblatt:	4. 3. 99

73 Inhaber:  
Siemens AG, 80333 München, DE

54 Einrichtung zur Messung des in einem Leiter, insbesondere einem Streifenleiter fließenden Stroms, sowie Streifenleiter hierfür

DE 298 18 370 U 1

DE 298 18 370 U 1

## Beschreibung

Einrichtung zur Messung des in einem Leiter, insbesondere einem Streifenleiter fließenden Stroms, sowie Streifenleiter  
5 hierfür

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Messung des in einem Leiter, insbesondere einem Streifenleiter fließenden Stroms, umfassend ein dem Leiter zugeordnetes Sensorelement, welches das in Abhängigkeit des Stromflusses erzeugte Magnetfeld in der Umgeben des Leiters mißt.  
10

Derartige Einrichtungen kommen bekanntermaßen in elektronischen Bauelementen zum Einsatz, beispielsweise in Relais, und dienen dort zur Messung des fließenden Stromes. Zumeist kommen, insbesondere bei Relais, streifenförmige Leiter zum Einsatz. Die Messung erfolgt derart, daß das Sensorelement nahe der Oberfläche des Streifenleiters angeordnet wird. Vom Streifenleiter wird bei Stromfluß ein Magnetfeld erzeugt, welches mittels des Sensorelements meßbar ist. Näherungsweise ergibt sich die Magnetfeldstärke  $H$  eines flachen Streifenleiters dicht an dessen Oberseite wie folgt:  
15  
20

$$H \approx I / (2B) = \sigma / 2 \text{ [A/m] mit}$$

25

$H$  = Magnetfeldstärke

$I$  = Strom

$B$  = Breite des Streifenleiters

$\sigma$  = Flächenstromdichte

30

Bei begrenzter Leiterstärke ist die Flächenstromdichte durch die widerstandsbedingte Erwärmung und eingeschränkte Wärmeabfuhr begrenzt. Folglich sind auch der erreichbaren Magnetfeldstärke Grenzen gesetzt. Dies spielt vor allem bei kleinen zu vermessenden Stromstärken eine Rolle, da hier im allgemei-  
35

nen die Leiterstärken sehr klein sind, und folglich auch die Flächenstromdichte gering ist. Infolgedessen sind in vielen Fällen Maßnahmen zur Erhöhung der Feldstärke bei vorgegebenem Strom erforderlich. Hierzu wird vielfach eine Flußführung eingesetzt. Zum Zweck der Feldverstärkung ist der Leiter von einem Flußführungselement umgeben, welches einen Luftspalt aufweist. Der Sensor mißt das im Luftspalt gegebene Feld, welches bedingt durch die Flußführung verstärkt ist. Jedoch sind auch hier Grenzen gegeben. Unter der Annahme eines relativ langen Flußkreises und großer magnetischer Suszeptibilität ( $> 1000$ ) des Flußführungselements ergibt sich die Magnetfeldstärke im Luftspalt näherungsweise zu:

$$H \approx I/L_1 \text{ [A/m]}, \text{ mit}$$

15

$H_1$  = Magnetfeldstärke im Luftspalt

$I$  = Strom

$L_1$  = Länge des Luftspalts

20 Ein Vergleich der obigen Näherungsformeln zeigt, daß eine Feldverstärkung mit dem Flußkreis nur dann vorteilhaft realisierbar ist, wenn die Breite  $B$  des Streifenleiters deutlich kleiner als die Spaltbreite  $L_1$  ist. Die kleinstmögliche Spaltbreite ist aber von den Sensorabmessungen bestimmt. Für  
25 in einem Gehäuse gekapselte Sensorelemente beträgt sie typischerweise ca. 3 mm. Neben diesen Einschränkungen ist die Flußführung infolge ihrer Komplexität teuer, was sich letztlich nachteilig auf die Kosten des jeweiligen Bauelements auswirkt.

30

Der Erfindung liegt damit das Problem zugrunde, eine einfache Einrichtung anzugeben, mittels welcher auch die Messung sehr kleiner Ströme und damit sehr kleiner Magnetfeldstärken an Leitern, insbesondere an Streifenleitern möglich ist.

35

Zur Lösung dieses Problems ist bei einer Einrichtung der eingangs genannten Art erfindungsgemäß vorgesehen, daß der Leiter in Form einer wenigstens eine Windung aufweisenden Spule ausgebildet ist, in deren Inneren die Sensoreinrichtung angeordnet ist.

Die erfindungsgemäße Einrichtung macht sich vorteilhaft die Eigenschaften einer Spule im Hinblick auf die Ausbildung ihres Magnetfelds zunutze. Der Leiter weist die Form einer Spule auf, besitzt also wenigstens eine Windung, wobei der Sensor im Inneren, also im Spulenzentrum angeordnet ist und das dort erzeugte Magnetfeld mißt. Dieses ist um so größer, je mehr Windungen vorgesehen sind. Jedoch ergibt sich bereits bei Ausbildung lediglich einer Windung eine beachtliche Feldverstärkung. Die Magnetfeldstärke kann hier näherungsweise angegeben werden zu:

$$H_s \approx (n \cdot 2 \cdot \sigma) / 2 \text{ [A/m]} \text{ mit}$$

$H_s$  = Magnetfeldstärke im Inneren der Spule,  
 $n$  = Windungszahl  
 $\sigma$  = Flächenstromdichte.

Das Feld nimmt also mit wachsender Windungszahl zu, so daß mit besonderem Vorteil eine Anpassung an die tatsächlich gegebenen Verhältnisse derart möglich ist, daß bei extrem geringen Strömen eine Einrichtung mit mehreren Windungen verwendet wird, wohingegen bei etwas größeren zu messenden Strömen entsprechend niedrigere Windungszahlen ausreichen. Ein weiterer beachtlicher Vorteil der erfindungsgemäßen Einrichtung liegt des weiteren darin, daß relativ schlecht leitende Leiter, insbesondere Streifenleiter wie beispielsweise Fe-Bleche oder Si-Fe-Bleche ohne weiteres verwendet werden können. Bei diesen Leitern besteht das Problem, daß zur Feldverstärkung der Strom nicht beliebig erhöht werden kann, da an-

sonsten die sich aus der Erwärmung ergebenden Nachteile auftreten und die meßbare Magnetfeldstärke sehr klein ist. Die erfindungsgemäße Ausbildung des Leiters in Form einer Spule ermöglicht aber eine hinreichende Feldverstärkung, weshalb  
5 auch derartige Leitertypen verwendet werden können.

Als besonders zweckmäßig hat es sich erwiesen, wenn die eine oder mehreren Windungen im wesentlichen in einer Ebene senkrecht zur Spulenachse verlaufen, da es sich bei einer derartigen Windungsanordnung die Felderzeugung noch weiter verbessern läßt. Die Windungen selbst sollten erfindungsgemäß einen möglichst geringen und im wesentlichen konstanten Abstand zueinander aufweisen. Dabei können die Windungen derart angeordnet sein, daß die Spule - gesehen in Richtung der Spulenachse - einen im wesentlichen mehreckigen, insbesondere  
10 viereckigen oder einen runden Querschnitt aufweist, wobei jeweils das Sensorelement im Spuleninneren vorgesehen ist.

Um den Einfluß etwaiger externer Störfelder, wie sie z.B. von der Schaltspule eines Relais erzeugt werden können, zu unterbinden, welcher sich nachteilig auf die Messung auswirken kann, sieht eine besonders zweckmäßige Weiterbildung des Erfindungsgedankens vor, daß der Leiter zur Bildung eines Gradiometers derart geführt ist, daß mindestens zwei miteinander  
20 verbundene Spulen gebildet sind, in deren Inneren jeweils ein Sensorelement angeordnet ist. Bei dieser erfindungsgemäßen Ausbildung sind also zwei parallele Spulen vorgesehen, die miteinander verbunden sind und jeweils in unterschiedliche Richtungen weisende Felder ausbilden. Etwaige Störfelder, soweit sie homogen sind, haben bei dieser Ausführungsform  
25 keinen beachtlichen Einfluß auf die Messung. Die Spulen können erfindungsgemäß nebeneinander- oder übereinanderliegend angeordnet sein. Dabei können in mindestens zwei Spulen Sensorelemente vorgesehen sein, die bei homogenem Meßfeld in ihrem  
30

Vorzeichen unterschiedliche Signale oder Signalbeiträge liefern.

Aus herstellungs- und fertigungstechnischer Sicht hat es sich  
5 als besonders vorteilhaft erwiesen, wenn erfindungsgemäß der  
Leiter derart geführt ist, daß an wenigstens einem Ende der  
Spule oder der miteinander verbundenen Spulen, eine von dieser  
wegführende Stromzufuhrleitung ausgebildet ist, wobei die  
oder beide Stromzufuhrleitungen zweckmäßigerweise unter einem  
10 Winkel, insbesondere senkrecht zur Ebene der Spulenebene ver-  
laufen. Denn vor allem bei Streifenleitern, die infolge ihrer  
Form insoweit nicht ohne weiteres aus der Spulenebene zu Kon-  
taktzwecken herausgeführt werden können, ist es vorteilhaft,  
wenn direkt ein entsprechender Stromzufuhrleitungsabschnitt  
15 vorgesehen ist, wobei dieser auf jeden Fall am inneren Ab-  
schnitt der Spule angeordnet sein sollte. Am zweckmäßigsten  
ist es jedoch, wenn an beiden Enden entsprechende Abschnitte  
vorgesehen sind. Der Leiter selbst kann erfindungsgemäß ein  
vorzugsweise einstückiger Leiter sein, wobei die Einrichtung  
20 selbstverständlich auch aus normalen Drahtleitern gebildet  
sein kann, da sich auch bei diesen die Feldverstärkung errei-  
chen läßt.

Sofern die erfindungsgemäße Einrichtung nicht in Form eines  
25 Gradiometers ausgebildet ist, kann zur Unterbindung etwaiger  
Störfeldeinflüsse eine Abschirmeinrichtung für das oder die  
Sensorelemente vorgesehen sein. Diese Abschirmeinrichtung  
sollte die Spule(n) zumindest im Bereich des oder der Senso-  
relemente umgeben. Die Tatsache, daß bei der erfindungsgemä-  
ßen Einrichtung das Sensorelement im Inneren der Spule ange-  
30 ordnet ist, läßt diese einfache Abschirmmöglichkeit zu. Die  
Spule läßt sich so anordnen, daß es möglich wird, die Spule,  
einschließlich die Sensorelemente, von einer einzelnen Ab-  
schirmung weitgehend zu umfassen, die nachträglich angebracht  
35 wird. Die Abschirmeinrichtung selbst kann erfindungsgemäß ei-

ne vorzugsweise lediglich an einer Seite offene Aufnahme aus weichmagnetischem Material, beispielsweise Ni-Fe-Legierung, Perminvar oder aus  $\mu$ -Metall sein. Die Aufnahme kann dabei einfachst über die Spule samt Sensor geschoben werden, wodurch die gesamte Montage beträchtlich vereinfacht wird. Die Ausbildung als lediglich an einer Seite offene Aufnahme besitzt ferner den Vorteil, daß eine effizientere Abschirmung als bei mehrseitig offener Struktur erreichbar ist. Für eine besonders wirkungsvolle Abschirmung hat es sich als zweckmäßig herausgestellt, wenn die Spule(n) derart ausgebildet und gegebenenfalls bezüglich einander angeordnet, und die Stromzufuhrleitungen derart angeordnet und geführt sind, daß die Spule(n) derart tief in der Abschirmeinrichtung aufgenommen ist oder sind, daß der Abstand des oder der im Inneren der Abschirmeinrichtung aufgenommenen Sensorelemente zur Öffnung der Abschirmeinrichtung größer als der Abstand der Stromzufuhrleitungen in der Öffnung der Abschirmeinrichtung ist.

Neben der Einrichtung selbst betrifft die Erfindung ferner einen Streifenleiter für eine oben beschriebene erfindungsgemäße Einrichtung. Wie bereits beschrieben sollte dieser zumindest einen Stromzufuhrleitungsabschnitt aufweisen. Dabei ist darauf zu achten, daß der Streifenleiter äußerst einfach und effizient in hohen Stückzahlen und unter optimaler Ausnutzung der Größe des Blechs, aus welchen die Streifenleiter zweckmäßigerweise herausgestanzt werden, ohne allzuviel Verschnitt erfolgen kann. Zur Lösung ist dabei bei einem Streifenleiter vorgesehen, daß er einen länglichen, geradlinigen Spulenabschnitt zur Bildung einer Spule aufweist, an dessen einem Ende einstückig und in einem Winkel zur Längsachse des Spulenabschnitts ein Abschnitt zur Bildung eines Stromzufuhrleiters vorgesehen ist. Der Streifenleiter dieser Ausführungsform weist also im wesentlichen eine L-Form auf. Der eine Stromzufuhrleiter wird mittels des gewinkelt angeordneten Spulenabschnitts gebildet, den anderen Stromzufuhrleiter

stellt das andere Ende des geradlinigen Spulenabschnitts bei dieser einfachsten Ausgestaltung dar. Jedoch kann auch an diesem Ende einstückig und in einem Winkel ein weiterer Abschnitt zur Bildung des zweiten Stromzufuhrleiters vorgesehen  
5 sein. Ersichtlich weist der Streifenleiter dieser Ausführungsformen eine Form auf, die es ermöglicht, die aus einem Blech herauszustanzenden Streifenleiter extrem eng nebeneinander zu ordnen, und so die Blechdimension optimal ausnutzen zu können.

10

Alternativ hierzu ist ein zur Ausbildung eines Gradiometers geeigneter Streifenleiter erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, daß er einen ersten und einen zweiten Spulenabschnitt zur Bildung zweier nebeneinanderliegender Spulen auf-  
15 weist, wobei beide Spulenabschnitte im wesentlichen parallel zueinander verlaufen und mittels eines Verbindungsabschnitts an einem ihrer Enden miteinander einstückig verbunden sind. Dieser Streifenleiter weist in seiner einfachsten Ausgestaltung eine im wesentlichen U-förmige Gestalt auf, die die Bil-  
20 dung eines Gradiometers zuläßt. Wenngleich hier die Stromzufuhrleitungen von den Enden der Spulenabschnitte selbst gebildet sind, kann am freien Ende des ersten und/oder des zweiten Spulenabschnitts einstückig und in einem Winkel zur Längsachse des ersten und/oder zweiten Spulenabschnitts ein  
25 Abschnitt zur Bildung eines Stromzufuhrleiters vorgesehen sein.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus dem im folgenden beschriebenen Ausführungsbeispiel sowie anhand der Zeichnungen. Dabei zeigen:  
30

Fig. 1 eine perspektivische Prinzipskizze einer erfindungsgemäßen Einrichtung mit einer Spule,

35 Fig. 2 eine Darstellung des Prinzips der Spulenanordnung,



- Fig. 3 eine Aufsicht auf einen abgewickelten Streifenleiter einer ersten Ausführungsform,
- 5 Fig. 4 eine Aufsicht auf einen abgewickelten Streifenleiter einer zweiten Ausführungsform,
- Fig. 5 eine erfindungsgemäße Einrichtung in Form einer Gradiometeranordnung,
- 10 Fig. 6 eine Darstellung des Prinzips der Spulenordnung bei einem Gradiometer,
- Fig. 7 eine Darstellung eines abgewickelten Streifenleiters einer dritten Ausführungsform,
- 15 Fig. 8 eine Darstellung einer Abwicklung eines Streifenleiters einer vierten Ausführungsform,
- 20 Fig. 9 eine erfindungsgemäße Einrichtung in Form eines Gradiometers nach einer zweiten Ausführungsform,
- Fig. 10 eine Darstellung des abgewickelten Streifenleiters der Einrichtung nach Fig. 9 und
- 25 Fig. 11 eine Prinzipskizze einer erfindungsgemäßen Einrichtung mit einer Spule mit zugeordneter Abschirmeinrichtung.
- Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäße Einrichtung 1, bestehend aus einem Streifenleiter 2 und einem Sensorelement 3. Der Streifenleiter 2 ist zur Bildung einer Spule, die im gezeigten Ausführungsbeispiel querschnittlich im wesentlichen rechteckig ist, mehrfach unter Bildung mehrerer Windungen 4 gefaltet. Im Inneren der Spule ist das Sensorelement 3 angeordnet. Dieses dient zum Messen der im Inneren der Spule ge-
- 30
- 35

gebenen Magnetfeldstärke bei Stromfluß durch den Streifenleiter 2. Bedingt durch die Ausbildung des Streifenleiters 2 in Form der Spule läßt sich das Magnetfeld im Spuleninneren deutlich gegenüber dem Magnetfeld, welches von einem nicht gefalteten Streifenleiter erzeugt wird, erhöhen. Wie Fig. 1 und insbesondere Fig. 2, in der das Prinzip der Spulenanordnung dargestellt ist, zeigen, liegen sämtliche Windungen 4 im Spulenbereich annähernd senkrecht zur Spulenebene 5. Diese übereinandergeordnete Ausgestaltung ist für die Felddausbildung bei Stromfluß (vergleiche die eingezeichneten Flußpfeile in Fig. 2) von Vorteil.

Wie Fig. 1 ferner zeigt, sind am Streifenleiter 2 zwei Stromzufuhrleitungen 6 vorgesehen. Die vom inneren Ende der Spule abgehende Stromzufuhrleitung 6 verläuft dabei im wesentlichen in Richtung der Spulenachse A und wird von einem entsprechenden Abschnitt des einstückigen Streifenleiters 2 gebildet. Der Stromzufuhrleiter am äußeren Spulenende wird vom freien Ende des den Spulenkörper bildenden Streifenabschnitts gebildet, ein entsprechend unter einem Winkel abgehender Abschnitt ist bei dieser Ausführungsform nicht vorgesehen.

Fig. 3 zeigt eine Aufsicht auf einen abgewickelten Streifenleiter 2, wie er sich zur Bildung der Einrichtung 1 eignet. Dieser besteht aus einem länglichen, geradlinigen Spulenabschnitt 7 und einem davon im gezeigten Beispiel rechtwinklig abstehenden Abschnitt 8, welcher den Stromzufuhrleiter 6 bildet. Ersichtlich ist es infolge der im wesentlichen L-förmigen Ausgestaltung des Streifenleiters 2 möglich, bei der Herstellung auf einem Blech die einzelnen Stromleiter extrem eng nebeneinander zu ordnen und so die Blechgröße optimiert ausnutzen zu können.

Eine weitere Ausführungsform eines Streifenleiters, mittels welchem eine erfindungsgemäße Einrichtung hergestellt werden

kann, zeigt Fig. 4. Dieser entspricht im wesentlichen dem aus Fig. 3 bekannten Streifenleiter, jedoch weist der Streifenleiter 9 gemäß Fig. 4 an beiden Enden des Spulenabschnitts 10 zwei weitere Abschnitte 11 zur Bildung entsprechender Stromzufuhrleitungen auf. Diese Ausführungsform ermöglicht es, auch am äußeren Ende der Spule einen davon unter einem Winkel abgehenden Stromzufuhrleiter anzuordnen. Dies kann aus kontaktierungstechnischer Sicht von Vorteil sein. Wie auch Fig. 4 ergibt, können die Streifenleiter dieser Ausführungsform auf dem Blech im Rahmen der Herstellung sehr nahe aneinandergeordnet werden.

Fig. 5 zeigt eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Einrichtung in Form eines Gradiometers. Die gezeigte erfindungsgemäße Einrichtung 12 besteht hier aus zwei Spulen 13, welche mittels eines Verbindungsstückes 14 miteinander verbunden sind. Im Inneren jeder Spule ist jeweils ein Sensorelement 15 angeordnet, wobei Fig. 5 lediglich ein Sensorelement zeigt, die Anordnung ergibt sich aber aus Fig. 6. In Fig. 6 ist in übersichtlicher Form einerseits der Stromfluß durch die beiden Spulen dargestellt, wie auch die Anordnung der einzelnen Windungen 16 der beiden Spulen in im wesentlichen senkrecht zur Spulenachse A verlaufender Lage. Aus der Richtung des Stromflusses durch die beiden Spulen gemäß Fig. 6 ergibt sich, daß einander entgegengesetzt gerichtete Magnetfelder ausgebildet werden. Diese Gradiometeranordnung ist damit relativ unanfällig gegen externe Störfelder, wie sie beispielsweise von der Schaltspule eines Relais oder dergleichen erzeugt werden können. Die beiden Signale der Sensorelemente werden zweckmäßig derart einander überlagert, daß sie sich für homogene äußere Felder aufheben.

Schließlich zeigt Fig. 7 eine erste Ausführungsform eines weiteren Streifenleiters 17, welcher zur Bildung der in Fig. 5 gezeigten Einrichtung 12 verwendet werden kann. Dieser

Streifenleiter 17 weist zwei Spulenabschnitte 18 auf, die parallel zueinander verlaufen. An einem Ende sind beide Spulenabschnitte 18 mittels des Verbindungsabschnitts 14 gekoppelt. Auch diese Ausbildung des Streifenleiters läßt eine hohe Integrationsdichte im Herstellungsblech zu.

Eine weitere Ausführungsform eines verwendbaren Streifenleiters zeigt Fig. 8. Der dort gezeigte Streifenleiter 19 besteht ebenfalls aus zwei Spulenabschnitten 20, die mittels eines Verbindungsabschnittes 21 miteinander gekoppelt sind. An den freien Enden der Spulenabschnitte 19 sind aber zwei weitere Abschnitte 22 im wesentlichen rechtwinklig davon abgehend vorgesehen, welche zur Bildung entsprechender Stromzufuhrleitungen, die bei rechtwinkliger Anordnung in Richtung der Spulenachse von den jeweiligen Spulen abgehen, dienen.

Die Fig. 9 und 10 zeigen eine Einrichtung 23 mit zwei übereinanderliegenden Spulen 24, und einen Streifenleiter 25 zur Bildung dieser Einrichtung 23. Der prinzipielle Aufbau der Einrichtung 23 entspricht dem der Einrichtung 12 gemäß Fig. 5, lediglich liegen hier die Spulen 24 übereinander. Der Streifenleiter 25 besteht aus zwei Spulenabschnitten 26, die mittels des Verbindungsabschnitts 14 miteinander verbunden sind. Die Spulenabschnitte laufen hier zwar parallel aber versetzt zueinander. An den Enden können, wenngleich nicht gezeigt, unter einem Winkel abgehende Stromzufuhrleitungen angeformt sein.

Schließlich zeigt Fig. 11 die Anordnung einer Abschirmeinrichtung 27 um eine lediglich eine Spule aufweisende erfindungsgemäße Meßeinrichtung. Mittels dieser Abschirmeinrichtung 27 sind externe Störfelder hinreichend abschirmbar. Die Abschirmeinrichtung 27 ist in Form einer an einem Ende offenen Aufnahme 28 aus weichmagnetischem Material, beispielsweise einer Ni-Fe-Legierung, Perminvar oder  $\mu$ -Metall ausgeführt.

14.10.99

12

Mit dem offenen Ende 29 kann die Aufnahme 28 in einfacher Weise über die Spulenordnung der erfindungsgemäßen Einrichtung geschoben werden. Die Spulenordnung selbst ist hier etwas länglich ausgeführt, wobei die Sensoreinrichtung 30  
 5 derart im Spuleninneren angeordnet ist, daß sie vollständig von der Aufnahme 28 umgeben ist.

## Schutzansprüche

1. Einrichtung zur Messung des in einem Leiter, insbesondere einem Streifenleiter fließenden Stroms, umfassend ein dem  
5 Leiter zugeordnetes Sensorelement, welches das in Abhängigkeit des Stromflusses erzeugte Magnetfeld in der Umgebung des Leiters mißt, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß der Leiter (2) in Form einer wenigstens eine Windung (4) aufweisenden Spule ausgebildet ist, in deren Inneren die Sen-  
10 soreinrichtung (3) angeordnet ist.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die eine oder mehreren Windungen (4) im wesentlichen in einer Ebene senkrecht zur Spulenachse (A) verlaufen.  
15
3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Windungen (4) einen im wesentlichen konstanten Abstand zueinander aufweisen.  
20
4. Einrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Spule - gesehen in Richtung der Spulenachse - einen im wesentlichen mehreckigen, insbesondere viereckigen oder einen runden Querschnitt aufweist.  
25
5. Einrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß der Leiter zur Bildung eines Gradiometers derart geführt ist, daß mindestens zwei miteinander verbundene Spulen (13, 24) gebildet  
30 sind, in deren Innern jeweils ein Sensorelement (15) angeordnet ist.

6. Einrichtung nach Anspruch 5, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Spulen nebeneinander oder übereinander angeordnet sind.
- 5 7. Einrichtung nach Anspruch 5 oder 6, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß in mindestens zwei Spulen Sensorelemente (15) vorgesehen sind, die in ihrem Vorzeichen unterschiedliche Signale oder Signalbeiträge liefern.
- 10 8. Einrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß der Leiter derart geführt ist, daß an wenigstens einem Ende der Spule oder der miteinander verbundenen mehreren Spulen eine von dieser oder diesen wegführende Stromzufuhrleitung (6) ausge-  
15 bildet ist.
9. Einrichtung nach Anspruch 8, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die oder beide Stromzufuhrleitungen unter einem Winkel, insbesondere senkrecht zur Ebene  
20 der Spule verlaufen.
10. Einrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß der Leiter ein Streifenleiter (2, 7, 9, 17, 19, 25) ist.  
25
11. Einrichtung nach Anspruch 10, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß der Streifenleiter (2, 7, 9, 17, 19, 25) einstückig ist.
- 30 12. Einrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß eine Abschirmeinrichtung (23) für das oder die Sensorelemente (26) vorgesehen ist.

13. Einrichtung nach Anspruch 12, d a d u r c h g e-  
k e n n z e i c h n e t, daß die Abschirmeinrichtung (23)  
die Spule(n) zumindest im Bereich des oder der Sensorelemente  
(26) umgibt.

5

14. Einrichtung nach Anspruch 12, d a d u r c h g e-  
k e n n z e i c h n e t, daß die Abschirmeinrichtung (23)  
eine vorzugsweise lediglich an einer Seite offene Aufnahme  
(24) aus weichmagnetischem Material ist.

10

15. Einrichtung nach Anspruch 14, d a d u r c h g e-  
k e n n z e i c h n e t, daß die Spule(n) derart ausgebil-  
det und gegebenenfalls bezüglich einander angeordnet und/oder  
die Stromzufuhrleitungen derart angeordnet und geführt sind,  
15 daß die Spule(n) derart tief in der Abschirmeinrichtung auf-  
genommen ist oder sind, daß der Abstand des oder der im Inne-  
ren der Abschirmeinrichtung aufgenommenen Sensorelemente zur  
Öffnung der Abschirmeinrichtung größer als der Abstand der  
Stromzufuhrleitungen in der Öffnung der Abschirmeinrichtng  
20 ist.

20

16. Streifenleiter für eine Einrichtung nach einem der An-  
sprüche 1 bis 15, d a d u r c h g e k e n n z e i c h-  
n e t, daß er einen länglichen, im wesentlichen geradlini-  
gen Spulenabschnitt (7, 10) zur Bildung einer Spule aufweist,  
25 an dessen einem Ende einstückig und in einem Winkel zur  
Längsachse des Spulenabschnitts ein Abschnitt (8, 11) zur  
Bildung eines Stromzufuhrleiters vorgesehen ist.

25

30 17. Streifenleiter nach Anspruch 16, d a d u r c h g e-  
k e n n z e i c h n e t, daß am anderen Ende des Spulenab-  
schnitts (10) einstückig und in einem Winkel zu dessen Längs-  
achse ein weiterer Abschnitt (11) zur Bildung eines zweiten  
Stromzufuhrleiters vorgesehen ist.

35



18. Streifenleiter für eine Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, gekennzeichnet durch mindestens zwei längliche und im wesentlichen geradlinige Spulenabschnitte (18) zur Bildung mindestens zweier nebeneinanderliegender oder übereinanderliegende Spulen, wobei die Spulenabschnitte (18, 26) im wesentlichen parallel zueinander verlaufen und mittels eines zwei Spulenabschnitte verbindenden Verbindungsabschnitts (14) an einem ihrer Enden miteinander einstückig verbunden sind.
19. Streifenleiter nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß am Ende mindestens eines Spulenabschnitts (18) einstückig und in einem Winkel zur Längsachse des Spulenabschnitts (18) ein Abschnitt (22) zur Bildung eines Stromzufuhrleiters vorgesehen ist.
20. Streifenleiter nach einem der Ansprüche 16 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß er in einem Stanzverfahren hergestellt ist.

14.10.98

1/4

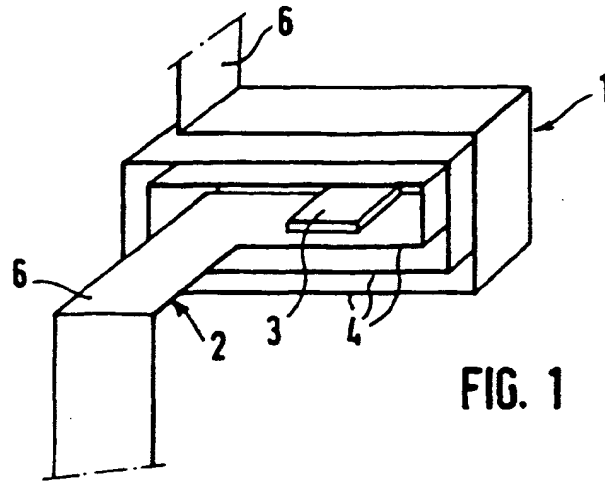


FIG. 1

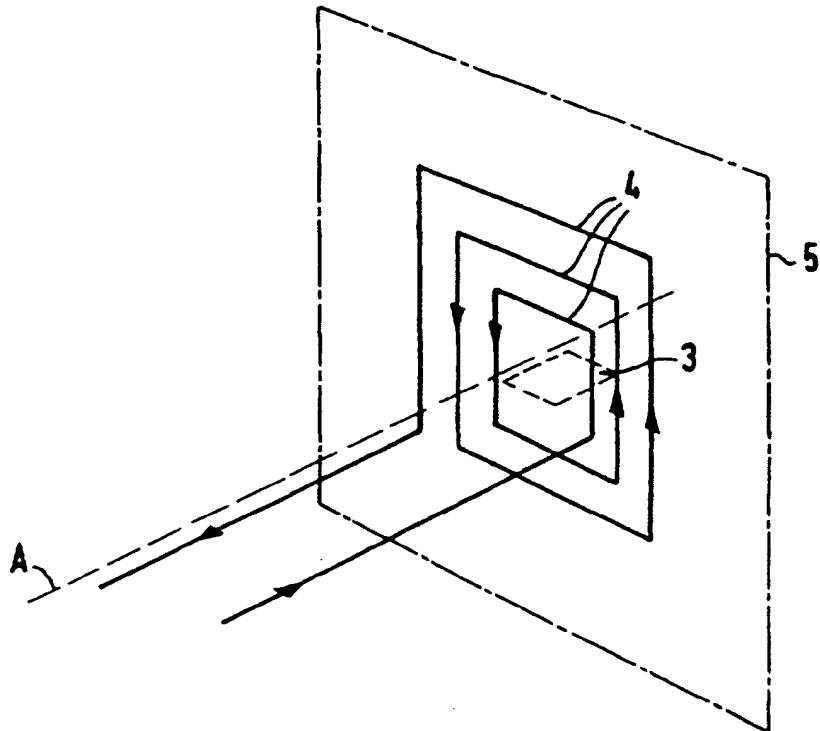


FIG. 2

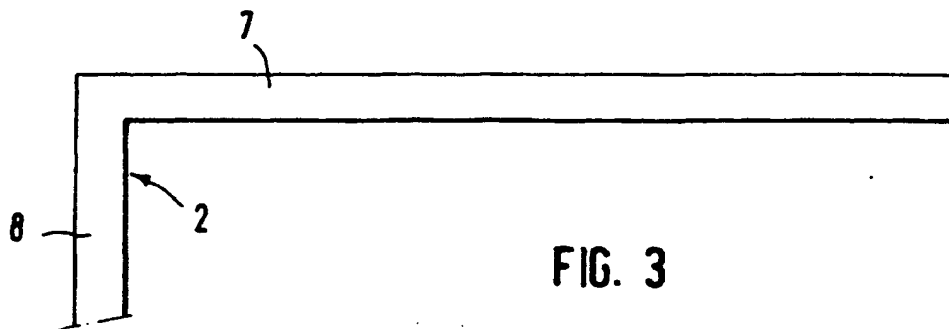


FIG. 3

14-10-98

2/4

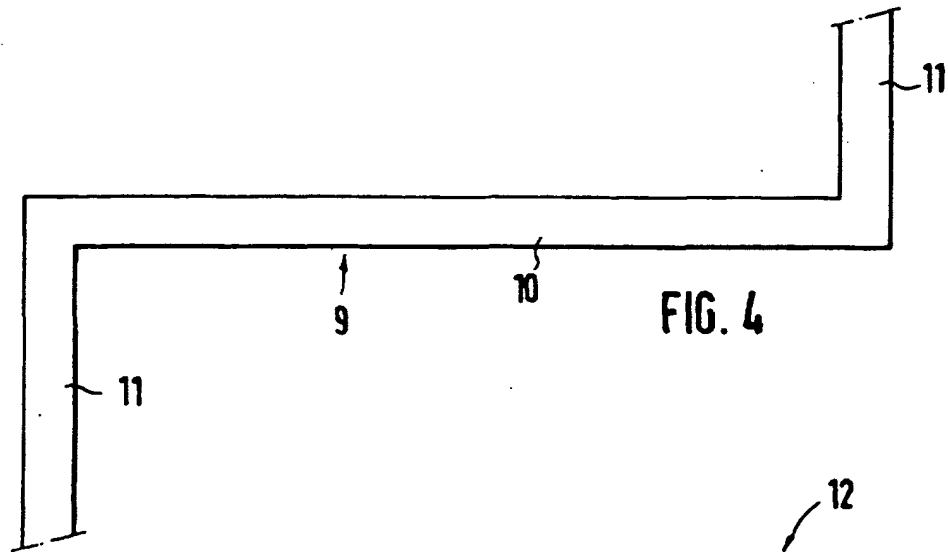


FIG. 4

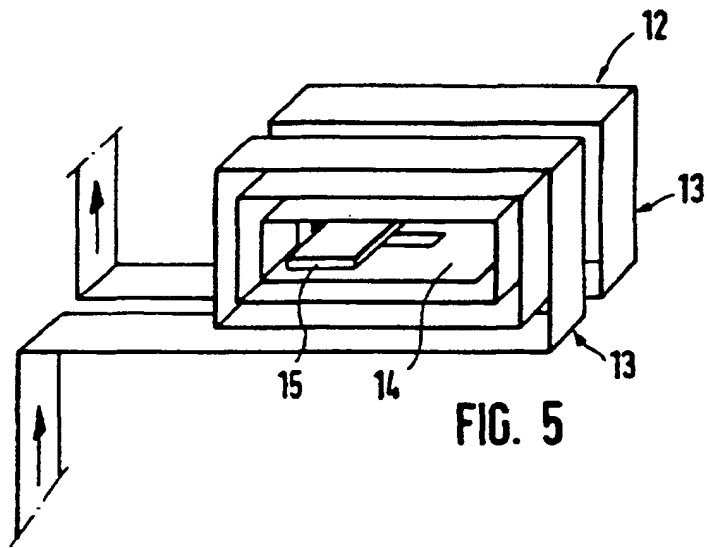


FIG. 5

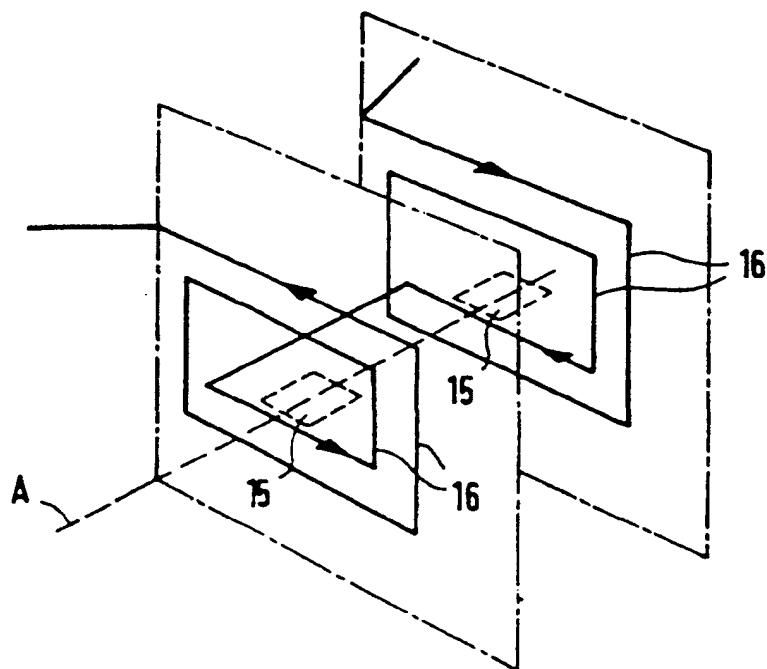
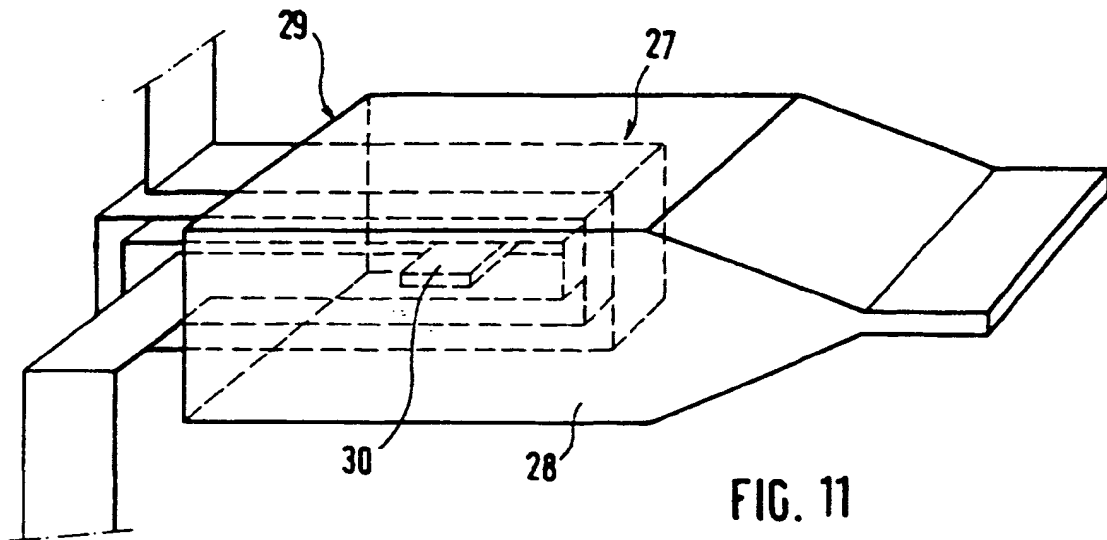
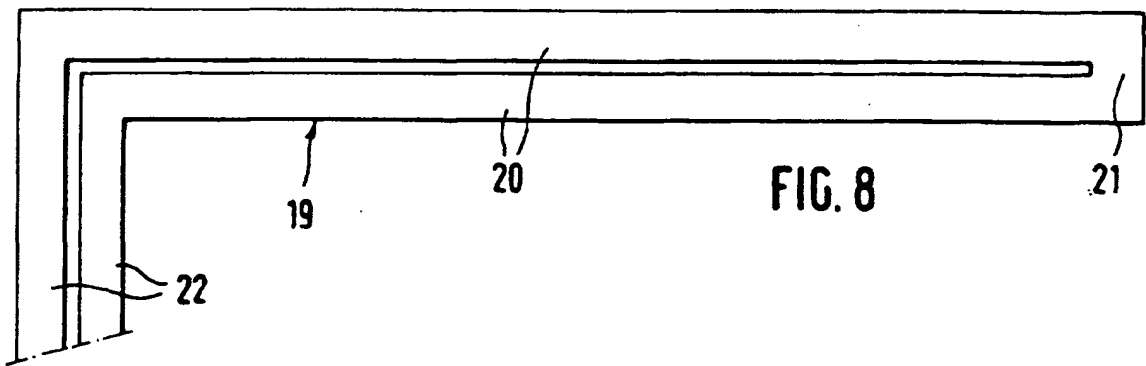
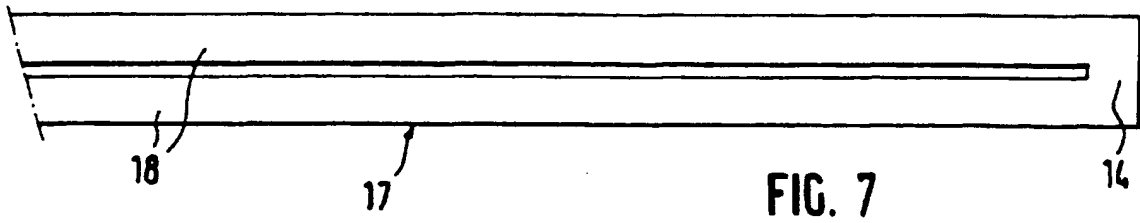


FIG. 6

14.10.98

3/4



4/4

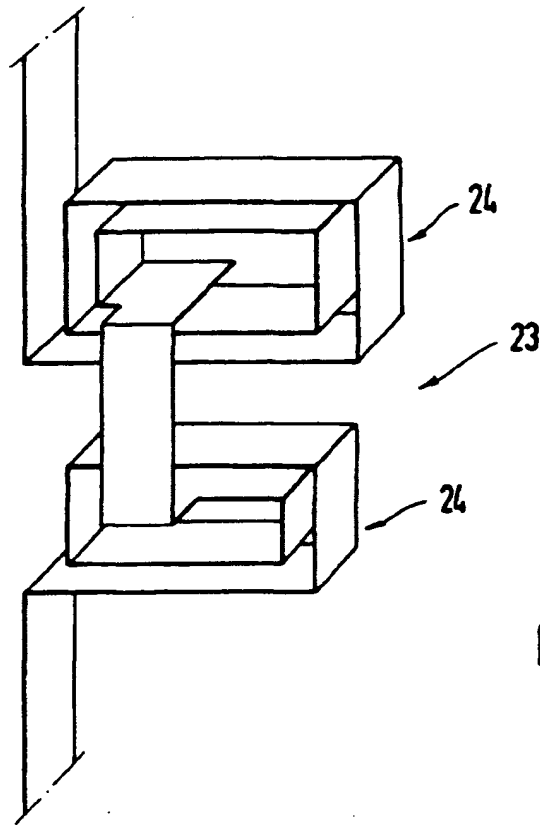


FIG. 9

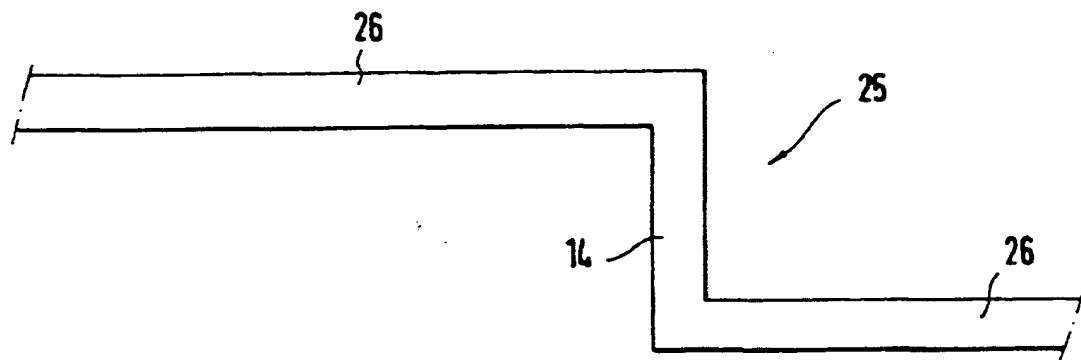


FIG. 10

BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Registered Utility Patent**  
10 **DE 298 18 370 U 1**

51 International  
Classification<sup>6</sup>:  
**G 01 R 15/20**  
G 01 R 19/00  
H 01 P 3/08

21 File Number: 298 18 370.6  
67 Application Date: Dec. 1, 1998  
From Patent Application: 198 00 806.6  
47 Registry Date: Jan. 21, 1999  
43 Publication Date in  
the Patent Office Journal: March 3, 1999

73 Owner:  
Siemens AG, 80333 München, DE

54 Device for the measuring of a current flowing in a conductor, in particular in a microstrip, as well as a microstrip for this

## Description

Device for the measuring of a current flowing in a conductor, in particular in a microstrip, as well as a microstrip for this.

The invention concerns a device for the measuring of a current flowing in a conductor, in particular in a microstrip, comprising a sensor unit assigned to the conductor, which measures the magnetic field created dependent on the current conduction in the ambience of the conductor.

It is well known that such devices are used in electronic components, for example in relays, and that they there serve the purpose of the measuring of the flowing current. Mostly used, in particular with relays, are strip-shaped conductors. The measuring takes place in such a manner that the sensor unit is arranged close to the surface of the microstrip. If current flows, the microstrip creates a magnetic field, which can be measured by the sensor unit. By approximation the magnetic field strength  $H$  of a flat microstrip close to its top results as follows:

$$H \approx I/(2B) = \sigma/2 \text{ [A/m] with}$$

$H$  = magnetic field strength

$I$  = current

$B$  = width of the microstrip

$\sigma$  = surface current density

With limited conductor strength the surface current density is limited by the resistor-conditioned temperature rise and the reduced heat conveyance. Therefore also the attainable magnet field strength is limited. This is particularly relevant for small current values to be measured, since then usually the conductor strengths are very small, and therefore also the surface current density is small. Consequently it is necessary in many cases to take action in order to increase the field strength with a given current. For this purpose a conduction guide is often used. For the

purpose of the strengthening of the field, the conductor is surrounded by a conduction guide device, which exhibits an air gap. The sensor measures the field given in the air gap, which is amplified due to the conduction guide. However, also here certain limitations exist. Assuming a relatively long conduction circuit and a large magnetic susceptibility ( $> 1000$ ) of the conduction guide device, the magnetic field strength in the air gap results by approximation to:

$$H \approx I/L_1 \text{ [A/m]}, \text{ with}$$

$H_1$  = magnetic field strength in the air gap

$I$  = current

$L_1$  = length of the air gap

A comparison of the above approximation formulas shows that a strengthening of the field with the conduction circuit is only then favorably implementable, if the width  $B$  of the microstrip is clearly smaller than the gap width  $L_1$ . The smallest possible gap width is however determined by the sensor dimensions. For sensor units totally enclosed in a housing it is typically approx. 3 mm. Besides these limitations, the conduction guide is expensive due to its complexity, which affects in the long run disadvantageously the costs of the respective component.

The invention faces the problem to indicate a simple device, with which it is also possible to measure very small currents and thus very small magnetic field strengths at conductors, in particular at microstrips.

For the solution of this problem it is intended according to the invention for a device of the type initially mentioned, that the conductor is designed in the shape of a coil exhibiting at least one turn, in whose inside the sensor device is arranged.

The device according to the invention takes favorably advantage of the characteristics of a coil regarding the formation of its magnetic field. The conductor exhibits the shape of a coil, thus possesses at least one turn, whereby the sensor is arranged on the inside, thus in the coil center, and measures the magnetic field created there. Said magnetic field is the larger, the more turns are intended. However,



already in the case of formation of only one turn a considerable strengthening of the field results. The magnetic field strength can here be indicated in approximation:

$$H_s \approx (n \cdot 2 \cdot \sigma) / 2 \text{ [A/m] with}$$

$H_s$  = magnetic field strength inside the coil,

$n$  = number of turns

$\sigma$  = surface current density.

The field thus increases with an increasing number of turns, so that it is a particular advantage, that an adaptation to actually given conditions is in such a manner possible, that with extremely low currents a device with several turns is used, whereas with somewhat larger currents to be measured accordingly a lower number of turns is sufficient. A further considerable benefit of the device according to the invention is the fact that relatively badly conducting conductors, in particular microstrips as for example Fe-sheet metals or Si-Fe-sheet metals can be used easily. The problem with these conductors is the fact that for the strengthening of the field the current cannot be increased at will, since otherwise disadvantages resulting from the temperature rise occur and the measurable magnetic field strength is very small. The formation of the conductor according to the invention in form of a coil enables however a sufficient strengthening of the field, which is the reason why such conductor types can also be used.

It has been proven to be particularly suitable, if one or more turns run essentially in one plane perpendicular to the coil axis, since the field generation can be even further improved with such a turn arrangement. The turns itself should exhibit according to the invention a distance to each other that is as small as possible and essentially constant. The turns can be arranged in such a manner that the coil - seen in direction to the coil axis - exhibits a cross section that is essentially polygonal, in particular square, or round, whereby the sensor unit is intended in each case in the inside of the coil.

In order to prevent the effect of any possible external residual fields, as they can be created e.g. by the switching coil of a relay, which can affect the measuring disadvantageously, a particularly suitable further improvement of the invention intends that the conductor is guided in order to create a gradiometer in such a manner, that at least two coils connected with each other are formed, in whose inside in each case a sensor unit is arranged. For this formation according to the invention two parallel coils are intended, which are connected with each other and create in each case fields pointing into varying directions. With this embodiment, any residual fields, as far as they are homogeneous, do not have considerable effect on the measuring. According to the invention the coils can be arranged next to each other or one above the other. Sensor units can be intended in at least two coils, which supply signals or signal contributions that vary in their polarity sign if the measuring field is homogeneous.

It has been proven to be particularly favorable from a manufacturing and production view, if according to the invention the conductor is guided in such a manner that a current supply line is designed at least at one end of the coil or the several interconnected coils, which leads away from said coil or coils, whereby the one or both current supply lines are angled, in particular perpendicular to the plane of the coil. Because it is particularly favorable with microstrips, which due to their shape cannot be easily guided out of the coil plane for the purpose of contact, if directly a suitable current supply line section is intended, which in any case should be arranged at the internal section of the coil. It is however most suitable, if corresponding sections are intended at both ends. According to the invention the conductor itself can be a conductor preferably made in one piece, whereby the device can of course also be made of regular wire conductors, since the strengthening of the field can also be achieved with these.

If the device according to the invention is not designed in form of a gradiometer, a screening device for the sensor unit(s) can be intended in order to prevent any residual field effects. This screening device should surround the coil(s) at least within the area of the sensor

units. The fact that the sensor unit is arranged inside the coil of the device according to the invention permits this simple screening possibility. The coil can be arranged in such a way that it becomes possible, to surround the coil, including the sensor units, to a large extent with one single screen, which is attached subsequently. The screening device according to the invention can be a receiver, which is preferably open only at one side and which is made from a soft-magnetic material, for example a Ni-Fe-alloy, Perminvar or a  $\mu$ -metal. The receiver can thereby very easily be slid over the coil including the sensor, which simplifies the entire assembly considerably. Furthermore the design as receiver open only at one side has the advantage that a more efficient screening can be achieved than with a structure open at multiple sides. For a particularly effective screening it proved to be suitable, if the coil(s) are designed and if necessary arranged in relation to each other in such a manner and that the current supply lines are arranged and guided in such a manner that the coil(s) is (are) held so deeply in the screening device that the distance of the sensor units held inside the screening device to the opening of the screening device is larger than the distance of the current supply lines in the opening of the screening device.

The inventions concerns besides the device itself furthermore a microstrip for a device according to the invention described above. As already described, this microstrip should exhibit at least a current supply line section. It is to make certain that the microstrip can be made extremely simple and efficiently in high quantities and under optimal utilization of the size of the sheet metal, out of which the microstrip is to be punched appropriately, without too much waste. As solution is thereby intended with a microstrip that it exhibits an oblong, straight-lined coil section for the formation of a coil, at whose one end a section made in one piece and in an angle to the longitudinal axis of the coil section is intended for the formation of a current supply conductor. The microstrip of this embodiment thus essentially exhibits an L-shape. The one current supply conductor is created by means of the angled arranged coil section; the other current supply conductor represents the other end of the straight-lined coil section during this simplest arrangement.

It is however possible to intend also at this end a further section made in one piece and in an angle for the formation of a second current supply conductor. The microstrip of these embodiments evidently exhibits a shape, which makes it possible to arrange the microstrips to be punched out of a sheet metal extremely close besides one other, and therefore to use the sheet metal dimensions to an optimum.

As an alternative to this, a microstrip suitable for the formation of a gradiometer is characterized according to the invention by the fact that it exhibits a first and a second coil section for the formation of two coils which are next to one another, whereby both coil sections run essentially parallel to each other and are connected in one piece by means of a connection section at one of their ends. This microstrip exhibits in its simplest design an essentially U-shaped shape, which permits the formation of a gradiometer. Although the current supply lines are here formed by the ends of the coil sections themselves, a section made in one piece and in an angle to the longitudinal axis of the first and/or the second coil sections can be intended for the formation of a current supply conductor at the free end of the first and/or the second coil section.

Further benefits, features, and details of the invention result from the embodiment described in the following, as well as from the drawings. Showing is:

- Fig. 1      a perspective schematic diagram of a device according to the invention with a coil,
- Fig. 2      a representation of the principle of the coil arrangement,
- Fig. 3      a top view on an uncoiled microstrip of a first embodiment,
- Fig. 4      a top view on an uncoiled microstrip of a second embodiment,

- Fig. 5      a device according to the invention in form of a gradiometer arrangement,
- Fig. 6      a representation of the principle of the coil arrangement with a gradiometer,
- Fig. 7      a representation of an uncoiled microstrip of a third embodiment,
- Fig. 8      a representation of an uncoiled microstrip of a fourth embodiment,
- Fig. 9      a device according to the invention in form of a gradiometer according to a second embodiment,
- Fig. 10     a representation of the uncoiled microstrip of the device according to Fig. 9 and
- Fig. 11     a schematic diagram of a device according to the invention with a coil with an assigned screening device.

Fig. 1 shows a device 1 according to the invention, consisting of a microstrip 2 and a sensor unit 3. The microstrip 2 is folded multiple times, forming several turns 4, for the formation of a coil, which is essentially rectangular in its cross section in the embodiment shown. The sensor unit 3 is arranged inside the coil. This serves the purpose of measuring the magnetic field strength inside the coil for current conduction through the microstrip 2. Due to the formation of the microstrip 2 in form of the coil the magnetic field in the coil inside can be clearly increased compared to the magnetic field, which is created by a non-folded microstrip. As Fig. 1 and in particular Fig. 2, in which the principle of the coil arrangement is represented, show, all turns 4 in the coil area are situated approximately perpendicular to the coil plane 5. This arranged design is of benefit for the field creation during current conduction (see the conduction arrows drawn in Fig. 2).

As Fig. 1 shows furthermore, two current supply lines 6 are intended at the microstrip 2. The current supply line 6 originating from the internal end of the coil runs thereby essentially toward the coil axis A and is formed by a corresponding section of the microstrip 2 made in one piece. The free end of the strip section forming the coil forms the current supply conductor at the external end of the coil; a section originating accordingly angled is not intended in this embodiment.

Fig. 3 shows a top view on an uncoiled microstrip 2, as it is suitable for the formation of the device 1. Said microstrip consists of an oblong, straight-line coil section 7 and a section 8, which is protruding right-angled from said section 7 in the shown example, which forms the current supply conductor 6. Evidently it is possible due to the essentially L-shaped arrangement of the microstrip 2 to arrange the individual conductors extremely closely next to each other during the production from a sheet metal and therefore to be able to use the size of the sheet metal optimally.

Fig. 4 shows a further embodiment of a microstrip, by means of which a device according to the invention can be produced. This corresponds essentially to the microstrip known from Fig. 3, however the microstrip 9 according to Fig. 4 exhibits at both ends of the coil section 10 two further sections 11 for the formation of suitable current supply lines. This embodiment makes it possible to arrange also at the external end of the coil a current supply conductor, which is protruding angled from the coil. This can be of advantage for the bonding process. As also Fig. 4 shows, the microstrips of this embodiment can be arranged very closely to each other on the sheet metal during production.

Fig. 5 shows an embodiment of the device according to the invention in form of a gradiometer. The shown device 12 according to the invention consists here of two coils 13, which are connected with each other by means of a connector 14. Inside each coil a sensor unit 15 is arranged in each case, whereby Fig. 5 shows only one sensor unit, the arrangement however results from Fig. 6. Fig. 6 shows on the one hand clearly the current conduction through the two coils, as well as the arrangement of the individual turns 16 of the two coils in a position

running essentially perpendicular to the coil axis A. As a result from the direction of the current conduction through the two coils according to Fig. 6 magnetic fields are created which are inversed to each other. This gradiometer arrangement is thereby relatively unsusceptible against external residual fields, as they can be created e.g. by the switching coil of a relay or similar. The two signals of the sensor units are suitably superimposed in such a manner that they cancel each other out for homogeneous external fields.

Finally Fig. 7 shows a first embodiment of a further microstrip 17, which can be used for the formation of the device 12 shown in Fig. 5. This microstrip 17 exhibits two-coil sections 18, which run parallel to each other. At one end both coil sections 18 are joined by means of the connection section 14. Also this design of the microstrip permits a high device complexity in the production sheet metal.

Fig. 8 shows a further embodiment of a usable microstrip. The microstrip 19 shown there consists likewise of two coil sections 20, which are joined together by means of a connection section 21. At the free ends of the coil sections 19 however two further sections 22 are intended, which are protruding essentially right-angled, which are used for the formation of suitable current supply lines, which protrude in a right-angled arrangement towards the coil axis of the respective coils.

Fig. 9 and 10 show a device 23 with two coils 24 located above each other, and a microstrip 25 for the formation of this device 23. The basic design of the device 23 corresponds to that of the device 12 according to Fig. 5, only here the coils 24 are arranged on top of each other. The microstrip 25 consists of two coil sections 26, which are connected by means of the connection section 14. The coil sections here run parallel, however off center to each other. Angled protruding current supply lines can be attached at the ends, which is not shown.

Fig. 11 finally shows the arrangement of a screening device 27 around a measuring device according to the invention exhibiting only one coil. External residual fields can be sufficiently guarded by means of

this screening device 27. The screening device 27 is designed in form of a receiver, which is open only at one side and which is made from a soft-magnetic material, for example a Ni-Fe-alloy, Perminvar or a  $\mu$ -metal.

The receiver 28 can be slid in a simple way with the open end 29 over the coil arrangement of the device according to the invention. The coil arrangement itself is here designed somewhat oblong, whereby the sensor device 30 is arranged in such a manner inside the coil that it is completely surrounded by the receiver 28.



## Patent claims

1. Device for the measuring of a current flowing in a conductor, in particular in a microstrip, comprising a sensor unit assigned to the conductor, which measures the magnetic field created dependent on the current conduction in the ambience of the conductor, characterized by the fact that the conductor (2) is designed in the shape of a coil exhibiting at least one turn (4), in whose inside the sensor device (3) is arranged.
2. Device according to claim 1, characterized by the fact that the one or several turns (4) run essentially in a plane perpendicular to the coil axis (A).
3. Device according to claim 1 or 2, characterized by the fact that the turns (4) exhibit an essentially constant distance to each other.
4. Device according to one of the preceding claims, characterized by the fact that the coil - seen in direction to the coil axis - exhibits a cross section that is essentially polygonal, in particular square, or round.
5. Device according to one of the preceding claims, characterized by the fact that the conductor is guided in order to create a gradiometer in such a manner, that at least two coils (13, 24) connected which each other are formed, in whose inside in each case a sensor unit (15) is arranged.
6. Device according to claim 5, characterized by the fact that the coils are arranged next to each other or one above the other.
7. Device according to claim 5 or 6, characterized by the fact that sensor units (15) are intended in at

least two coils, which supply signals or signal contributions that vary in their polarity sign.

8. Device according to one of the preceding claims, characterized by the fact that the conductor is guided in such a manner that a current supply line (6) is designed at least at one end of the coil or the several interconnected coils, which leads away from said coil or coils.

9. Device according to claim 8, characterized by the fact that the one or both current supply lines are angled, in particular perpendicular to the plane of the coil.

10. Device according to one of the preceding claims, characterized by the fact that the conductor is a microstrip (2, 7, 9, 17, 19, 25).

11. Device according to claim 10, characterized by the fact that the microstrip (2, 7, 9, 17, 19, 25) is made in one piece.

12. Device according to one of the preceding claims, characterized by the fact that a screening device (23) is intended for the sensor unit(s) (26).

13. Device according to claim 12, characterized by the fact that the screening device (23) surrounds the coil(s) at least within the area of the sensor unit(s) (26)

14. Device according to claim 12, characterized by the fact that the screening device (23) is a receiver (24), which is preferably open only at one side and which is made from a soft-magnetic material.

15. Device according to claim 14, characterized by the fact that the coil(s) are designed and if necessary arranged in relation to each other in such a manner and/or that the current supply lines are arranged and guided in such a

manner that the coil(s) is (are) held so deeply in the screening device that the distance of the sensor unit(s) held inside the screening device to the opening of the screening device is larger than the distance of the current supply lines in the opening of the screening device.

16. Microstrip for a device according to one of the claims 1 to 15, characterized by the fact that it exhibits an oblong, essentially straight-lined coil section (7, 10) for the formation of a coil, at whose one end a section (8, 11) made in one piece and in an angle to the longitudinal axis of the coil section is intended for the formation of a current supply conductor.

17. Microstrip according to claim 16, characterized by the fact that at the other end of the coil section (10) a further section (11) made in one piece and in an angle to its longitudinal axis is intended for the formation of a second current supply conductor.

18. Microstrip for a device according to one of the claims 1 to 15, characterized by at least two oblong and essentially straight-line coil sections (18) for the formation of at least two coils which are next to one another or above one another, whereby the coil sections (18, 26) run essentially parallel to each other and are connected in one piece by means of a connection section (14) which connects two coil sections at one of their ends.

19. Microstrip according to claim 16, characterized by the fact, that at the end of at least one coil section (18) a section (22) made in one piece and in an angle to the longitudinal axis of the coil sections (18) is intended for the formation of a current supply conductor.

20. Microstrip according to one of the claims 16 to 19, characterized by the fact that it is produced by using a punching process.